

Il rilievo con strumentazione GPS e la ricomposizione della rete dei Punti Fiduciali della Regione Friuli Venezia Giulia

Massimiliano Basso(*), Sara Battaino(*), Alberto Beinat(**), Stefano Bertos(*), Fabio Crosilla(**),
Michela Furlan, (*) Mario Ghidini(***), Giovanni Picech(*), Roberto Piuazzo(*),
Emiliano Sossai(**), Lorenzo Tommasoni (***)

(*) Insiel S.p.A, via Umago 15, 33100 Udine, tel. 0432 557111, fax 0432 557200

(**)Università di Udine, Dipartimento di Georisorse e Territorio, via Cottonificio 114, 33100 Udine, tel. 0432 558702.

(***) Regione Friuli Venezia Giulia, Servizio Sistema Informativo Territoriale e Cartografia, via Giulia 75/1, 34126 Trieste, tel. 040 3774062, fax 040 3774136, 040 3774110.

Riassunto

Nell'ambito del Protocollo d'Intesa stipulato nel 2005 con l'Agenzia del Territorio, la Regione Friuli Venezia Giulia ha provveduto a rilevare il 10% dei Punti Fiduciali (PF) situati all'interno del suo territorio e ha determinato la posizione dei restanti PF, collegati dai rilievi catastali dei professionisti, per via analitica. Le operazioni topografiche sono state effettuate con ricevitori GPS, integrati da metodologia classica di rilievo nel caso di punti non stazionabili direttamente o in presenza di cattiva ricezione satellitare. A partire dai PF misurati (oltre 3500), sono state rideterminate le coordinate di tutti gli altri fiduciali, ad essi collegati, distribuiti in regione. Il lavoro ha permesso di posizionare i vertici catastali in modo attendibile e di definire le loro coordinate nel sistema di riferimento catastale, in Gauss-Boaga e in UTM-ETRS89.

Abstract

Within the Protocol Agreement signed in 2005 with the Cadastre Administration (Agenzia del Territorio), the Friuli Venezia Giulia Region arranged to survey 10% of the Fiducial Points (FP) placed in its land, and to locate the remaining FPs, linked by the cadastral surveys of the professionals, in analytical way. The surveys were performed by GPS receivers, integrated by classical survey methods where the set up of the GPS antenna on the FP was not possible, or the bad reception prevented the proper use of the satellite instrumentations. From the surveyed FPs (more than 3500) the coordinates of the remaining linked FPs distributed in the region were computed. The activity allowed to determine the cadastral point position in a reliable and steady manner, and to define their coordinates in Cadastral, Gauss-Boaga, and UTM-ETRS89 reference systems.

Introduzione

La rete dei Punti Fiduciali è stata istituita per effettuare l'inquadramento cartografico dei rilievi legati agli aggiornamenti catastali. Essa consente di vincolare i vertici battuti a dei riferimenti materiali presenti stabilmente sul territorio e di contenere il numero e la portata delle misure necessarie. Poter fare affidamento su Fiduciali stabili e precisi è fondamentale per convergere ad una cartografia affidabile ed univoca. L'utilizzo di un dato attendibile permette di ottimizzare l'erogazione dei servizi al cittadino, aumentare l'efficienza delle amministrazioni, favorire l'automazione dei processi di aggiornamento e predisporre corretti programmi di pianificazione territoriale. Avere riferimenti catastali affidabili migliora la posizione dei vertici ad essi collegati consentendo una corretta rappresentazione della realtà, mentre l'aggiornamento delle mappe viene favorito dalla possibilità di definire dei limiti di tolleranza oggettivi fondati sulla stabilità della rete. La cartografia catastale può così divenire una base concreta non soltanto per chi opera nel settore

ma anche per gli Enti Locali per i quali, da qualche tempo, l'Agenzia del Territorio ha messo a disposizione una serie di servizi telematici per l'interscambio informativo. In questo contesto la Regione Friuli Venezia Giulia ha stipulato, nel 2005, un Protocollo d'Intesa con l'Agenzia del Territorio, prevedendo, tra le varie attività, la determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei Punti Fiduciali situati nel territorio regionale. L'intervento ha riguardato il rilievo del 10% dei vertici catastali utilizzando strumentazione GPS, eventualmente integrata da metodologia topografica classica. L'operazione ha consentito di ottenere una serie di vertici espressi sia nel sistema di riferimento catastale che in Gauss-Boaga e in ETRS89, permettendo così di definire i parametri di trasformazione da un sistema d'assi all'altro. La posizione dei rimanenti Fiduciali, non direttamente misurati, ma collegati da un numero sufficiente di rilievi effettuati dai professionisti, è stata definita per via analitica attraverso una procedura rigorosa di ricomposizione analitica procustiana (Beinat e Crosilla, 2002; 2003; Beinat et al., 2004a; 2004b; Sossai, 2005). I lavori sono stati affidati dalla Regione ad Insiel SpA che ha diretto e gestito tutte le operazioni, appaltando a ditte esterne le misurazioni di campagna.

In questo articolo vengono illustrate in breve le fasi che hanno caratterizzato le attività di rilevamento e calcolo delle coordinate, le problematiche riscontrate e i risultati ottenuti.

La scelta dei Punti Fiduciali da rilevare

Per la scelta dei Fiduciali da rilevare sono stati presi in considerazione tutti i punti contenuti negli archivi TAF pubblicati sul sito dell'Agenzia del Territorio e le informazioni riportate nei file DIS. La prima operazione ha riguardato l'individuazione di tutti i vertici storici di coordinate analitiche note, caratterizzati da un codice di attendibilità minore o uguale a 9. Questa categoria comprende tutti i vertici trigonometrici IGMI e catastali nonché gli eventuali Punti Stabili di Riferimento inclusi nella rete dei PF. Per garantire la connessione di questi vertici ai restanti PF della rete sono stati selezionati solo quelli interessati da almeno due rilievi di aggiornamento ad altrettanti diversi PF: PF di attendibilità ≤ 9 , mai collegati, o collegati a un solo PF sono stati pertanto esclusi.

I restanti vertici sono stati definiti in base alla posizione topografica e al numero di lati della rete catastale che vi convergevano, favorendo quelli più utilizzati e in modo da garantire almeno 1 punto ogni km² nella pianura friulana, e fino a un punto ogni 0.25 km² nell'area di Trieste.

I dati sono stati trattati in ambiente GIS, posizionando i Fiduciali sul territorio in base alle coordinate riportate nella TAF. Queste sono state convertite nel sistema di riferimento Gauss Boaga per poter essere sovrapposte, anche se approssimativamente, alla cartografia tecnica regionale, in modo da superare il vincolo delle origini catastali locali.

La scelta è stata determinata sulla base dei dati contenuti nel file DIS. Oltre al numero di misure, si è tenuto conto dell'uniformità di distribuzione, dell'accessibilità al sito, della stabilità della materializzazione e della visibilità di altri vertici; inoltre i punti sono stati individuati sulla base di una griglia regolare, utilizzata per garantire una distribuzione spaziale dei punti ottimale.

Tra i Fiduciali elaborati sono stati scartati quelli non disponibili, che sulla monografia della TAF presentavano una dicitura tipo "eliminato", "demolito", "da non usare", "sostituito", ecc. Nell'ipotesi, poi, che durante le operazioni di campagna alcuni dei punti risultassero non reperibili o difficilmente rilevabili, per ciascun vertice scelto ne sono stati individuati fino a 3 alternativi con caratteristiche analoghe. La Tabella 1 riporta la consistenza dei Fiduciali identificati:

Lotto	Punti Fiduciali da rilevare	Punti Fiduciali alternativi
Trieste – Gorizia	726 (43)	1854
Udine	1627 (398)	2578
Pordenone	1185 (179)	2297

Tabella 1. Distribuzione per lotto dei Fiduciali da rilevare e dei loro eventuali alternativi. In parentesi il numero dei PF con codice di attendibilità minore o uguale a 9.

Operazioni preliminari e progetto dell'intervento

L'attività di rilievo dei Punti Fiduciali è stata appaltata, attraverso un bando di gara europeo, a ditte specializzate¹ che hanno operato secondo un capitolato tecnico appositamente redatto. I rilievi topografici sul territorio sono stati suddivisi in tre lotti: il primo comprendeva le province di Trieste, Gorizia e la parte di Udine soggetta a regime tavolare, il secondo includeva i restanti Comuni della provincia di Udine, il terzo infine riguardava l'intera provincia di Pordenone. Per identificare univocamente i Fiduciali sono state reperite le schede monografiche depositate presso gli Uffici catastali o pubblicate nel sito dell'Agenzia del Territorio. Le ditte hanno provveduto a consultare le monografie dei vertici IGM95 a cui dovevano appoggiare le misure e, prima di procedere con le operazioni di rilievo, hanno redatto un prospetto grafico dei PF da rilevare e della rete di appoggio.

La campagna di misure

La campagna di misure ha prodotto la determinazione di 3538 Punti Fiduciali, di cui 551 con codice attendibilità 9, omogeneamente distribuiti sul territorio regionale ad eccezione delle lagune e delle aree di montagna non antropizzate (Figura 2). Per i rilievi sono stati impiegati ricevitori satellitari GPS in posizionamento relativo, impiegando simultaneamente più ricevitori. Sono state utilizzate come master le stazioni GPS permanenti della Regione Friuli Venezia Giulia ed alcune stazioni della rete dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale. In alcuni casi sono stati impiegati direttamente vertici IGM95.

Le osservazioni sono state condotte con metodologia statico-rapida, utilizzando un intervallo di campionamento di 5 secondi. I tempi di acquisizione hanno sempre superato i 20 minuti, in modo da garantire il corretto fissaggio dell'ambiguità di fase. Quando i punti non presentavano caratteristiche idonee al loro stazionamento diretto o problemi di ricezione impedivano il corretto impiego della strumentazione GPS, le misure satellitari sono state effettuate su stazioni fuori centro, collegate ai PF ufficiali con misure classiche effettuate mediante stazione totale. Per materializzare i punti di misura sono stati utilizzati chiodi topografici in materiale metallico non deteriorabile, fissati in modo da garantire la permanenza nel tempo. Soltanto nelle zone montane e di campagna dove la materializzazione poteva risultare instabile sono stati utilizzati dei picchetti. Durante le operazioni in campagna, i vertici catastali sono stati determinati con un numero sovrabbondante di misure, in modo da consentire una verifica della congruenza e della qualità metrica del lavoro.

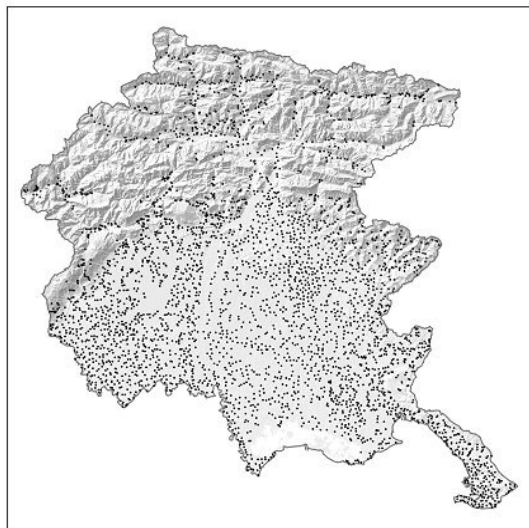


Figura 2. Distribuzione regionale dei Punti Fiduciali rilevati

Elaborazione delle misure

Per l'elaborazione delle misure GPS è stato utilizzato il software a corredo della strumentazione prevalentemente impiegata dalle ditte, e cioè il programma Geo Office di Leica. Le basi calcolate sono state accettate esclusivamente in soluzione *fixed* e con indicatori di qualità rientranti nei limiti

¹Si ringraziano a questo proposito le ditte "Durazzani S.r.l. - Territorio e Ambiente" di Firenze e "RTI Costituendo Benedetti Italo S.r.l. - S.Te.T di SOMAGLINO Geom. Alberto S.a.s." di Firenze e Tavagnacco (Ud) che hanno eseguito i lavori di rilievo.

previsti dal software di calcolo. La posizione planimetrica dei punti è stata determinata sistema ETRS89, congruente con la rete IGM95 e con il datum di inquadramento delle reti permanenti della regione. Il dato altimetrico invece è stato definito attraverso la quota ellissoidica WGS84. La corrispondente quota sul livello del mare è stata calcolata in base al modello più recente di ondulazione geoidica presente nelle griglie di trasformazione IGMI gestite dal software Verto.

Verifica e collaudo delle operazioni di misura

Il capitolato ha previsto la consegna dei libretti e di tutte le osservazioni satellitari “grezze” in formato Rinex. Ciò ha permesso alla direzione lavori di rielaborazione sistematicamente, in maniera indipendente, tutti i rilievi eseguiti, escludendo in tal modo possibili errori nel trattamento dei dati. In aggiunta a ciò, le operazioni in campagna sono state oggetto di un accurato collaudo. I controlli sono stati eseguiti dopo la consegna della documentazione relativa al 10%, al 50% e al 100% dei Fiduciali da rilevare. Al termine di un primo esame del materiale fornito, si è voluto accertare che gli schemi operativi rispondessero ai requisiti richiesti e che le misure e le coordinate rientrassero nei limiti specificati dall’Agenzia del Territorio. Per il collaudo sono stati rimisurati e rielaborati il 5% dei punti rilevati, verificando che almeno il 90% delle *baseline* non superasse le tolleranze previste. I valori ottenuti sono stati successivamente confrontati con quelli consegnati per controllare che le differenze non superassero 2 cm + 2 ppm. In totale sono stati collaudati 182 Punti Fiduciali.

Lotto	Baseline collaudate	Numero minimo baseline entro tolleranza (90%)	Numero effettivo baseline entro tolleranza
Trieste/Gorizia	159	144	156
Udine	383	345	377
Pordenone	238	214	235

Tabella 3. Risultati delle baseline rimisurate e ricalcolate per le operazioni di collaudo

Lotto	Fiduciali collaudati	Fiduciali fuori tolleranza in planimetria	Fiduciali fuori tolleranza in altimetria
Trieste/Gorizia	37	0	0
Udine	85	0	1
Pordenone	60	0	0

Tabella 4. Risultati delle coordinate rimisurate e ricalcolate per le operazioni di collaudo

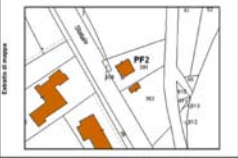
Lotto	Differenza tra Baseline [m]			Distanza tra Punti Fiduciali [m]					
				Planimetria			Altimetria		
	Media	S.q.m	Massima	Media	S.q.m	Massima	Media	S.q.m	Massima
Trieste/Gorizia	0.009	0.009	0.041	0.019	0.019	0.078	0.017	0.015	0.076
Udine	0.007	0.008	0.055	0.018	0.016	0.113	0.034	0.079	1.017
Pordenone	0.0091	0.008	0.055	0.024	0.018	0.088	0.019	0.020	0.101

Tabella 5. Medie, varianze e scarti relativi alle differenze tra i valori rilevati e quelli del collaudo

Gli esiti dei collaudi sono riportati nelle tabelle 3, 4, 5, ed evidenziano l’accuratezza del lavoro svolto, da cui deriva l’attendibilità e la precisione dei Punti Fiduciali rilevati. La qualità delle coordinate ottenute con questa operazione consente in prospettiva di avere una rete stabile e uniformemente distribuita sul territorio regionale, a cui è possibile far riferimento per inquadrare misure topografiche e cartografia. La disponibilità di vertici espressi in più sistemi di riferimento consente inoltre di individuare i parametri di trasformazione per passare da un sistema d’assi (anche locale, come spesso capita nelle mappe catastali) all’altro.

La redazione delle monografie

Per ciascun Punto Fiduciale rilevato è stata redatta una monografia che ne consente il riconoscimento e ne facilita l'accesso. Il documento è stato predisposto secondo lo standard attualmente previsto dall'Agenzia del Territorio. Tutte le informazioni sono state digitalizzate e i documenti sono stati memorizzati in file formato PDF (Figura 6). Attualmente si prevede di redigere delle monografie analoghe per tutte le stazioni di misura GPS utilizzate nella campagna di rilevamento. In questo modo sarà possibile usufruire di una documentazione completa dell'attività svolta e sfruttare appieno i vertici di coordinate note.

Punto Fiduciale		02/0040/B994	
 Ufficio Provinciale di UDINE		Sportello di UDINE Comune di CASSACCO	
Comune: B994		Foglio: 4	
Sezione:		Particellare: 391	
Casini-Soldner X: 26226.681 Y: 41804.219 Origine: Attrezzatura: 95	Gauss-Broga Nord: 5116675.836 Est: 236969.137 Fuso: est	Quota s.l.m. 189.688	UTM-WGS84 Nord: 5116652.794 Est: 360954.624 Fuso: 33 Q. ellip.: 235.368
Fluvio: BPOLO DEL F. B. B. Altimetro: QUOTA MARIGLIONE			
			
			
DESCRIZIONE E ACCESSO: VIA MONTERRANA 94 DATA DEL RILEVATO: 28/10/2009 REPERIBILITA' RECUPERO:			

Punto Fiduciale		02/0040/B994	
 Ufficio Provinciale di UDINE		Sportello di UDINE Comune di CASSACCO	
Staz.	Distanza da PF (m)	Coord. Gauss Broga	Coord. UTM WGS84
A	64.91	5116675.833	5116652.794
B	22.39	5116661.840	5116638.796

DESCRIZIONE ED ACCESSO ALLA STAZIONE:
 A: Borchia su basamento CLS del cartello stradale all'altezza del Km 114 + V della SS13
 B: Borchia su spallata portinale all'altezza del Km 114 + 530 della SS13






Figura 6. Esempio di monografia dei Punti Fiduciali rilevati

La determinazione delle coordinate dei restanti Punti Fiduciali

La determinazione delle coordinate del 10% dei PF presenti in Friuli Venezia Giulia ha permesso di consolidare larga parte della rete fiduciale regionale mediante la procedura di ricomposizione iterativa conforme descritta da Beinat e Crosilla (2002, 2003).

L'operazione ha richiesto innanzitutto la sistemazione delle basi di dati catastali: per quanto riguarda la TAF si è proceduto alla ridefinizione (anche con bassa precisione) della posizione dei PF in un unico datum e all'individuazione degli "alias" (Fiduciali che sono presenti nella TAF con più di un identificativo); nel file DIS ci si è limitati a correggere gli errori presenti negli identificati dei PF (soprattutto codice comunale errato o mancanza di sezione censuaria).

Nel passo successivo si è andati a comporre, dalle singole distanze memorizzate nei DIS, i poligoni fiduciali e, concatenando questi ultimi, si sono ottenute 4 reti di estensione provinciale comprendenti la pianura e la fascia pedemontana della regione, nonché una o più reti di piccole dimensioni all'interno di ciascun comune montano. La costruzione e il concatenamento dei poligoni fiduciali hanno inoltre permesso di individuare, e quindi correggere, gli eventuali errori grossolani presenti nella TAF a datum unificato costruita nel passaggio precedente.

Ora, attraverso le coordinate dei PF misurati, ogni rete è stata inquadrata, mediante trasformazione conforme, nel sistema di riferimento cartografico UTM-ETRS89 e qui ricomposta: ciascun poligono

è stato roto – traslato in modo da adattarsi al meglio, secondo il principio dei minimi quadrati, al vincolo rappresentato dai Fiduciali misurati (punti fissi) e al resto della rete; contemporaneamente un test di forma valutava la bontà di questo adattamento escludendo dalla ricomposizione il poligono stesso in caso di esito negativo.

Tutto il processo sopra descritto è iterato sino a convergenza.

La procedura, calcolando il baricentro dei PF omologhi presenti nei diversi poligoni fiduciali ora disposti nella posizione a dispersione minima, ha permesso di stimare le coordinate più probabili di 1900 su 2200* PF nella provincia di Trieste, 3300 su 4460* PF nella provincia di Gorizia (comprendente il Tavolare udinese), 9450 su 11550* PF nella provincia di Udine (meno i comuni montani, ancora in elaborazione), 8830 su 11280* nella provincia di Pordenone.

Conclusioni

Il rilevamento e la ricomposizione dei Punti Fiduciali sono state alcune tra le attività più delicate previste dal Protocollo d'Intesa, stipulato tra la Regione Friuli Venezia Giulia e l'Agenzia del Territorio. L'affidabilità, l'accuratezza e la stabilità delle coordinate ottenute dalle misure è risultata di fondamentale importanza non soltanto per definire la posizione dei Punti Fiduciali non rilevati direttamente ma anche per tentare di recuperare la precisione metrica delle mappe e favorire il trattamento automatizzato degli aggiornamenti. Conoscere in modo preciso la posizione dei Fiduciali, infatti, minimizza le deformazioni che la particella rilevata dai professionisti deve subire durante l'introduzione in mappa e facilita la mosaicatura dei diversi fogli catastali al fine di ottenere il continuo cartografico. Il rilevamento ha consentito, inoltre, di avere una serie di punti espressi sia nel sistema di riferimento catastale che in Gauss-Boaga e in ETRS89 in modo da poter definire i parametri di trasformazione da un sistema d'assi all'altro. Risulta ora possibile convertire propriamente, nel riferimento cartografico regionale, le coordinate degli elementi che costituiscono la carta catastale. Una volta ottenuti i fogli di mappa in Gauss-Boaga si avrà a disposizione un documento cartografico di grande rilevanza che potrà essere immediatamente correlato alla Carta Tecnica Regionale. In questo modo le informazioni del catasto potranno essere integrate in modo ottimale con quelle relative alla morfologia del territorio, favorendo i vari enti nella gestione delle loro funzioni istituzionali. La trasformazione di coordinate consentirà quindi di disporre di un supporto cartografico sostanzialmente continuo e indipendente dal taglio dei singoli fogli ed offrirà la possibilità di sviluppare progetti su vasta area per la tutela e lo sviluppo del territorio.

Bibliografia

- Beinat A., Crosilla F. (2002), "Una proposta innovativa per la ricomposizione cartografica del catasto", *Atti VI Conf. Nazionale ASITA*, Perugia, 5-8 novembre
- Beinat A., Clerici A., Crosilla F. (2002), "Prime sperimentazioni di una proposta innovativa per la ricomposizione cartografica del catasto", *Atti VI Conf. Nazionale ASITA*, Perugia, 5-8 novembre
- Beinat A., Crosilla F. (2003), "Generalised Procrustes Algorithms for Conformal Updating of a Cadastral Map", *ZfV-Zeitschrift für Geodäsie*, Geoinformation und Landmanagement, 5, 341-349
- Beinat A., Crosilla F., Furlan M., Sossai E. (2004), "Ricomposizione procustiana della rete Fiduciale catastale mediante dati dell'archivio PREGEO: l'esperienza di Gorizia", *Atti VIII Conf. Nazionale ASITA*, Roma, 14-17 dicembre
- Beinat A., Crosilla F., Sossai E. (2004), "Analisi della copertura e prime sperimentazioni di concatenamento a scala regionale dei poligoni fiduciali catastali in Friuli Venezia Giulia", *Atti VIII Conf. Nazionale ASITA*, Roma, 14-17 dicembre
- Sossai E. (2005), "La ricomposizione di una rete Fiduciale catastale di ampie dimensioni: l'esempio di Tarcento (UD)", *Atti IX Conf. Nazionale ASITA*, Catania, 15-18 novembre

* Numero complessivo al netto dei PF definiti ma mai interessati da rilievi di aggiornamento.